المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تخصص اتصالات

أساسيات الاتصالات الرقمية

(كراسة المدرب)

٢٣١ تصل

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي؛ لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **أساسيات الاتصالات الرقمية (كراسة المدرب)** " لمتدربي تخصص "**الاتصالات**" في الكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

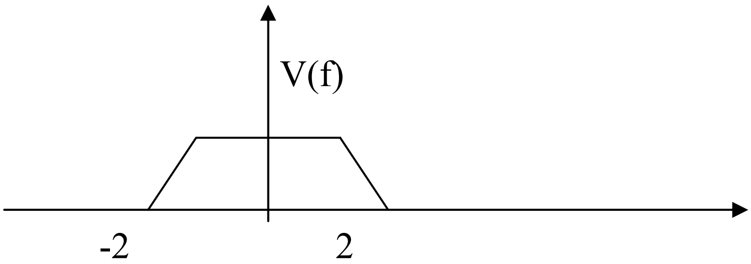
أساسيات الاتصالات الرقمية

حلول مسائل الوحدة الأولى

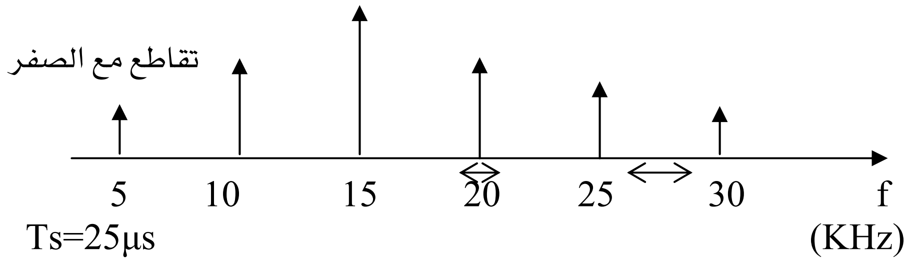
حلول مسائل الوحدة الثانية

حل المسألة ٢- ١:

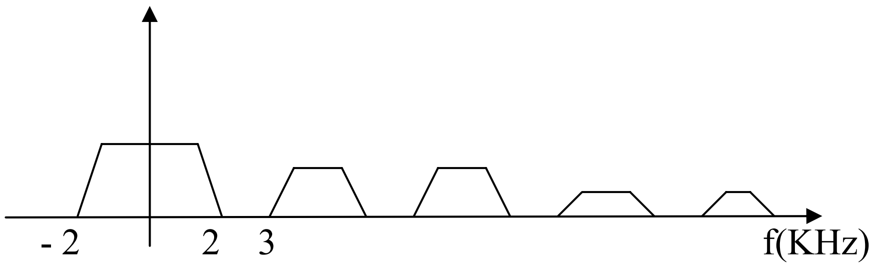
(أ) طيف الإشارة



(طيف سلسلة النبضات) Pn



Vs(f) (طيف إشارة العينات)



fs=5 7 8 10 12 13 15 17 18 20 22 kHz

(ب) عرض نطاق النقل بالنسبة ل K1 = 0.5 و K1 = 1.0.

للمرشح المثالي $$BT=\frac{0.5}{\tau}=\frac{0.5}{40X10^{-6}}=125KHz$$

في الحالة العادية $$BT = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{40\ X10^{-6}} = 25\ KHz$$

(ت) كل الترددات أقل من 25 KHz في الطيف.

$$\left.\begin{matrix} 0-2 \\ 3-7 \\ 8-12 \\ 13-17 \\ 18-22\ . \end{matrix}\right\}\ KHz$$

حل المسألة ٢- ٢

(أ) التردد النظري الأدنى لأخذ العينات

$f_N = 2fm = 16$ KHz.

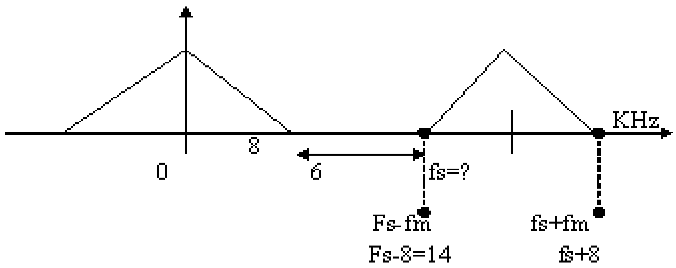
(ب) المسافة القصوى بين عينتين متتاليتين

$$T_N = \frac{1}{16X10^3} = 6.25 \text{ x } 10^{-5}\ S$$

حل المسألة ٢- ٣

في المسألة السابقة ٢- ١ أقل تردد لأخذ العينات في حال كان عرض الشريط الاحتياطي يساوي 6KHz.

(تذكير: شريط الاحتياط هو الفارق بين أعلى تردد في النطاق الأساسي وأدنى تردد في المكون الطيفي الذي يليه مباشرة (انظر الشكل أسفله).



$$Fm=8$$
$$(fs-fm) - fm = 14-8=6$$
$$fs-fm = 8+6 = 14KHz$$
$$fs-8 = 14$$
$$\Longrightarrow \quad fs = 22KHz$$

حل المسألة ٢-٤

(أ) أصغر عدد ممكن للعينات في هذه الحالة

$$N = fs \text{ X } tp = 12KHz \text{ X } 1 \text{ X } 60 \text{ X } 60 = 12KHz \text{ X } 3600$$

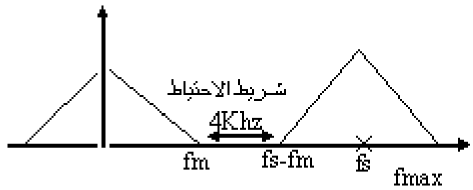
$$fs = 1.5\, f_N = 1.5(2fm) = 3fmax = 12KHz.$$

(ب) المسافة الزمنية بين عينتين متتاليتين

$$Ts = \frac{1}{fs} = \frac{1}{12X10^3} = 8.33 \text{ x } 10^{-5}\ S$$

حل المسألة ٢- ٥

أكبر تردد ممكن في الإشارة التماثلية هو



fs = 10KHz .

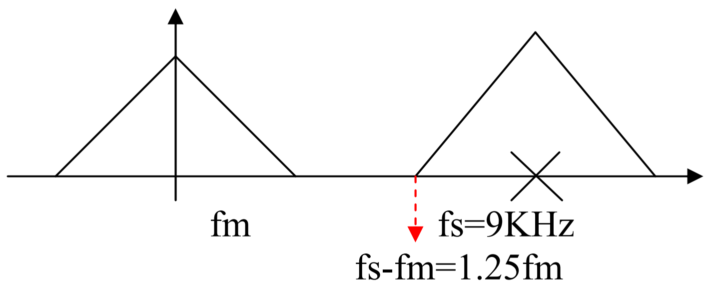
fm + 4 = fs – fm
fm = 4 = 10 – fm
2fm = 10 – 4 =6KHz

fs- fm   fs=10KHz

Fm = 3KHz

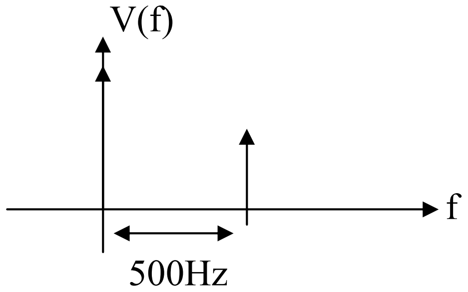
حل المسألة ٢- ٦

في حال كانت fs=9KHz و f_s- f_m تكبر f_m ب ٢٥٪، تكون قيمة f_m كما يلي:



fs – fm = 1.25 fm
fs = fm + 1.25 fm = 2.25 fm
⟹ fm = fs / 2.25 = 9 KHz /2.25 = 4 KHz

حل المسألة ٢- ٧



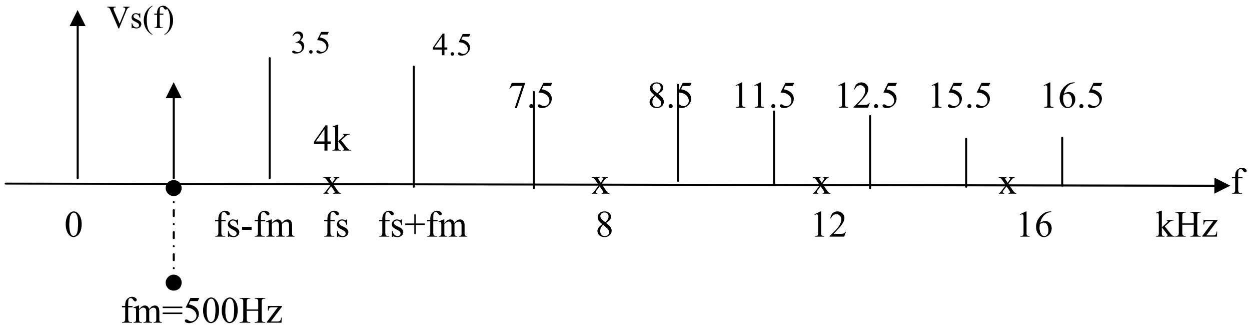
$$fs = \frac{1}{Ts} = \frac{1}{0.25X10^{-3}} = 4X10^{3}Hz = 4KHz$$

fm = 500Hz

كل الترددات التي لا تفوق 18KHz في إشارة العينات هي:

0.5KHz

3.5, 4.5, 7.5, 8.5, 11.5, 12.5, 15.5, 16.5 KHz



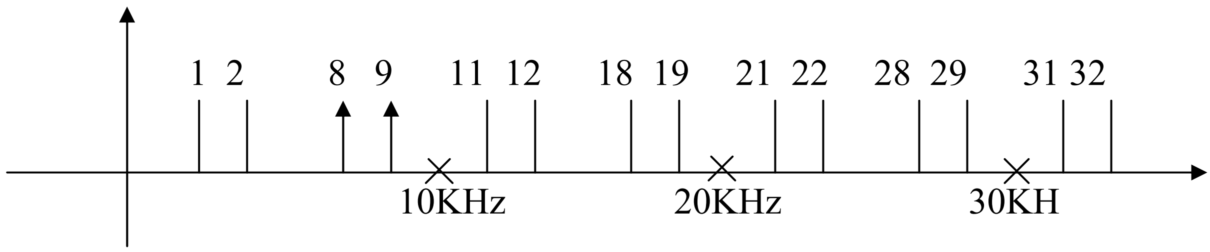
حل المسألة ٢- ٨

تردد أخذ العينات هو:

$$fs = \frac{1}{Ts} = \frac{1}{0.5ms} = 10KHz$$

وبذلك تكون الترددات المطلوبة هي 1 KHz و 2 KHz تضاف إليها أضعاف زائد ناقص 1 KHz و أضعاف زائد ناقص 2 KHz. وهذه الترددات بال KHz هي كما نرى في الشكل أسفله:

1, 2, 8, 9, 11, 12, 18, 19, 21, 22, 28, 29, 31, 32 kHz.



حل المسألة ٢- ٩

عرض النطاق الأدنى:

BT = k fm = 1 X 7 = 7 kHz

حل المسألة ٢- ١٠:

ا) عرض النطاق المطلوب بالنسبة للإشارة المجمعة

$fs = 1.25\ f_N = 1.25 \times 2fm = 1.25 \times 2 \times 1 = 2.5$ kHz

$$Tframe = \frac{1}{fs} = \frac{1}{2.5X10^3} = 0.4 \text{ ms.}$$

$$\tau = \frac{Tframe}{L} = \frac{0.4ms}{16} = 25\ \mu\text{ s.}$$

(L = 7 data pulses + 1 sync pulse + 8 open space)

$$\therefore \text{ The BW} = \frac{0.5}{\partial} = \frac{0.5}{25X10^{-6}} = 20 \text{ kHz}$$

ب) عرض النطاق المطلوب بالنسبة للإشارة العالية التردد.

$B_T = 2 \times 20 = 40$ kHz.

حل المسألة ٢- ١١:

أ) عرض النطاق التقريبي الذي تحتاجه الإشارة المركبة علماً بأن لكل إشارة عرض نطاق يساوي 1 kHz.

$$T_{frame} = T_s = \frac{1}{2kHz} = \frac{1}{2x10^3} = 0.5x10^{-3}\ S = 0.5\ ms$$

L = (6 data + 7 spaces + 2 sync) = 15

$$\tau = \frac{T_{frame}}{L} = \frac{0.5x10^{-3}}{15} = \frac{1}{30}\ X\ 10^{-3} = 33.33\ \mu s$$

$$B_T = \frac{0.5}{\partial} = \frac{0.5}{\frac{1}{30}\ X\ 10^{-3}} = \frac{0.5}{\frac{10^{-3}}{30}} = \frac{0.5x30}{10^{-3}}$$

$= 15\ x10^3 = 15\ kHz$
BW = L x fm = 15 kHz.

ب) عرض نطاق البت إذا كان $f_s = 1.5\ f_N$.

$$B_T = L\ x\ \frac{fs}{2} = 15\ x\ \frac{1.5\ x\ 2\ fm}{2} = 22.5\ fm = 22.5\ kHz$$

ت) عرض النطاق BW_{RF} بالنسبة للإشارة العالية التردد

$$BW_{RF} = 2xB_T = 2x15 = 30\ kHz.$$

حل المسألة ٢- ١٢:

إعادة حساب المسألة ٢- ١٠ في حال كان $f_s = 2f_N$.

$f_N = 2fm$

$fs = 2\,(2fm) = 4\ fm = 4\ kHz.$

$$Tframe = Ts = \frac{1}{4x10^{3}} = 0.25x10^{-3}\ s$$

$$\tau = \frac{Tframe}{L} = \frac{0.25x10^{-3}}{16}$$

$$BW = \frac{0.5}{\tau} = \frac{0.5x16}{0.25x10^{-3}} = \frac{50x16}{25x10^{-3}} = 32x10^{3} = 32\ kHz$$

\ \ \

$$BW = L\ x\ \frac{fs}{2} = 16\ x\ \frac{4}{2} = 32\ kHz$$

أساسيات الاتصالات الرقمية

حلول مسائل الوحدة الثانية

حلول مسائل الوحدة الثانية

حل المسألة ٣ – ١

N =Log_2 100 = 3.32 $\log_{10}$100=6.64bit.

حل المسألة ٣ - ٢ :

القانون المستعمل هو

$$(2\text{-}12)\ldots\ldots\ldots\ldots V_0 = V_{0\max}\frac{In\left(1+\mu\frac{|V_i|}{V_{i\max}}\right)}{\ln(1+\mu)}signx$$

$$= 5\frac{\ln(1+255\frac{vi}{8}}{\ln(1+255)} = \frac{5}{\ln 256}\ln(1+\frac{255}{8}vi)$$

= 0.9 ln (1+31.8Vi)

و بذلك نحصل على هدفولتيات الخرج كما بالجدول التالي

	Vi, v	V0 (v)
a	2	3.75
B	4	4.37
c	8	5

حل المسألة ٣- ٣ :

عرض نطاق الإرسال يساوي

B_T =2x8x4=64 KHZ

حل المسألة ٣- ٤:

(أ) حجم الخطوة القياسي $\Delta \times u$ هو

$$\Delta \times u = \frac{1}{2^{16}} = \ldots$$

(ب) حجم الخطوة الفعلي ΔVu هو :

$$\Delta Vu = \Delta Xu \ \mathrm{V_{fs}} = \frac{1}{2^{16}}(20) = \ldots$$

(ت) أقصى مستوى قياسي مكمم Xu(max) هو :

$$Xu(\max) = 1 - \Delta Xu = 1 - \frac{1}{2^{16}} = ?$$

(ث) أقصى مستوى فعلي مكمم Vu(max) هو :

$$Vu(\max) = Xu(\max) \quad \mathrm{V_{fs}} = \frac{(2^{16})}{2^{16}}(20) =$$

(ج) أقصى خطأ تكمية قياسي Eu هو :

$$Eu = \frac{\Delta Xu}{2} = 2^{-(16+1)} = \frac{1}{2^{17}} =$$

(ح) أقصى خطأ تكمية قياسي ℓu هو :

$$\ell u = Eu \ \ \mathrm{V_{fs}} =$$

حل المسألة ٣- ٥ :

أ) معدل طاقة الإشارة

$$Ps = (V_{rms})^2 = \left(\frac{Vm}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{3^2}{2} = 4.5 \text{ W}$$

ب) قيمة مسافة التكمين باستعمال ١٠ بت للكلمة

يكون امتداد سعة الإشارة في هذه الحالة 6v

وبذلك تكون مسافة التكمية

$$\frac{2Vm}{2N} = \frac{6}{2^{10}} = 5.86x10^{-3}V$$

ت) طاقة ضجيج التكمية هي

$$QN = \frac{12}{\Delta S^2} = \frac{12}{(5.86x10)^2}$$

ث) نسبة الإشارة / الضجيج

- باستعمال PS/QN

$$\frac{4.5 \times 12}{\left(5.86x10^{-3}\right)^2} = 1.57x10^6$$

SNR =10 lg $1.57x10^6$= 62 dB

- باستعمال $SNR= 2^{2N}$ و N=10 bit

SNR = 10lg 2^{2N}=10lg2^{20}= 20N lg2 = 6N = 60dB.

ج) عدد بت كلمة الشفرة عندما تكون النسبة المذكورة تساوي 40dB

وبذلك فإن

6N = 40

N= 7 bit.

حل المسألة ٣- ٦ : حساب أدنى عرض نطاق لازم للنقل.

طريقة أولى

- $f_s = 2 f_m = 2 \times 5 = 10$ KHZ.
- $T_s = T_{frame} = \dfrac{1}{F_s} = \dfrac{1}{10 \times 10^3} = 0{,}1ms.$
- $T_w = \dfrac{T_f}{K} = \dfrac{0.1ms}{20} = 5\mu S.$
- The bit interval

$$\tau = \frac{T_w}{N} = \frac{5\mu S}{8} = 0.625\mu S.$$

$$* \; B_T = \frac{0.5}{\tau} = \frac{0.5}{0625 \times 10^{-6}} = 200 \text{ KHZ.}$$

طريقة ثانية

$$* \; T_F = T_s = \frac{1}{2 f_m} = \frac{1}{10 \times 10^3} = 0.1 \text{ ms.}$$

- The No of bits per frame.

$$= \underset{data}{19 \times 8} + \underset{sync}{8} = 160 \text{ bit.}$$

- The bit interval.

$$\tau = \frac{T_{frame}}{160} = \frac{0.1 \text{ ms.}}{160} = 0.625\mu S.$$

$$* \; B_T = \frac{0.5}{\tau} = \frac{0.5}{0.625 \times 10^{-6}} = 800 \text{ KHZ}$$

أساسيات الاتصالات الرقمية

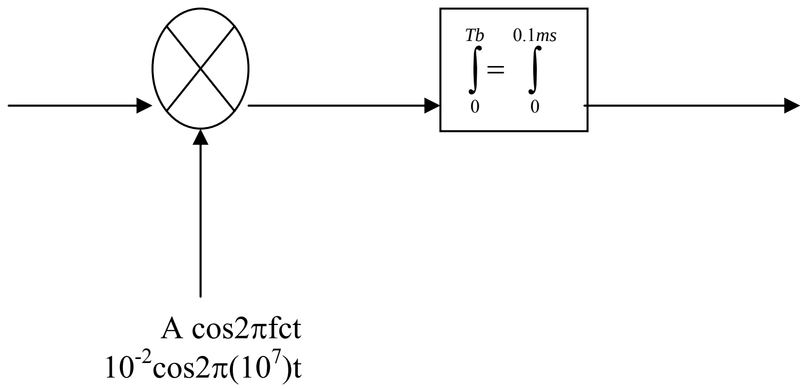
حلول مسائل الوحدة الثالثة

حلول مسائل الوحدة الثالثة

حل المسألة ٥- ١:

$$B_T = Rb$$
$$B_T = 200\ KHZ$$

حل المسألة ٥- ٢:



شكل (3-11) كاشف ترابطي

IF>Eav=C Tb/2=A2Tb/4
IF<Eav,choose 0:
$$Eav = A2\ Tb/2 = (10^{-4}\ x 10^{-4})\ /2$$
$$= 2.5\ x\ 10^{-9}$$

$$\therefore PB = \frac{1}{2} erfc\left(\sqrt{\frac{C}{4N}}\right) = \frac{1}{2} erfc\left(\sqrt{\frac{10^{-4}}{2x4x5x10^{-10}\,x10^{4}}}\right)$$

حيث :
$$C = A2/2 = 10^{-4}/2$$

$$P_N = N = No\ X\ B_T = 5x10^{-10}x10^{4}$$

$$\therefore PB = \frac{1}{2} erfc\left(\sqrt{\frac{10^{-4}\times 10^{-4}}{4\times 10^{-9}}}\right) = \frac{1}{2} erfc(1.58) = 0.013$$

حل المسألة ٥- ٣:

$$BT = Fm - Fs + Rb$$
$$= 150 + 200 = 350\ KHZ$$

حل المسألة ٥- ٤:

أولاً باستخدام المنحنيات في شكل (3-13)

ا) الكشف الترابطي

$$\text{For: } \frac{E_b}{} = 12\ dB$$

$$\text{The BER} = 3.8 \times 10^{-5}$$

ب) الكشف اللا ترابطي:

أولاً باستخدام المنحنيات بالشكل :

نجد أن :

$$\frac{A^2 T_b}{2No} = \frac{E_b}{No} = 16 \text{ or } 12\ dB$$

ثم من الشكل (3-16) نجد أن :

$$BER = 1.7 \times 10^{-4}$$

في حالة الكشف الترابطي تكون (BER) أكبر بـ(4.5) مرة من تلك التي في حالة الكشف اللاترابطي.

ثانيا الحل باستخدام الحسابات :

نستطيع استخدام جداول erfc(x) في حالة الكشف الترابطي

$$BER = \tfrac{1}{2}\,\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\frac{Eb}{2N_O}}\right) = \underbrace{\tfrac{1}{2}\,\mathrm{erfc}(8)}$$

$$BER = 1/2 \times 7.6 \times 10^{-8} = 3.8X10^{-5}$$

10^{-5} في حالة الكشف اللا ترابطي :

$$PB = \frac{1}{2} e^{-\left(\frac{Eb}{2No}\right)}$$

$$= \frac{1}{2} e^{-\left(\frac{A^2\,Tb}{\mu No}\right)}$$

$$= \frac{1}{2} e\text{-}8 = \frac{1}{2}(3.36x10^{-4})$$

$$= 1.68x10^{-4}$$

حل المسألة ٥- ٥:

M=2 ، إذاً

$$\therefore \quad N_b = Lg_2^2 = 1$$

أي إن كل رمز يحمل خانة واحدة (bit)

لـ نظام (PSK) M=4

إذاً

$$\therefore \; N_b = Lg_2 4 = Log_2 2^2 = 2$$

$$M = 2^{N_b} = 2^2 = 4$$

أي إن كل طور يحمل خانتين

لـ نظام (PSK) M=8

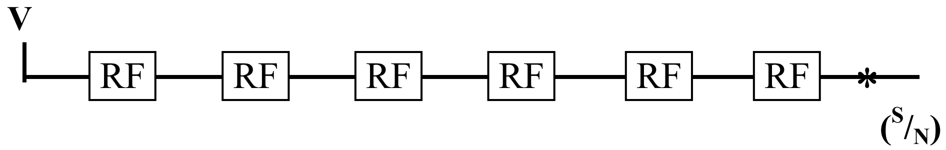
إذاً

$$N_b = Log_2 2^3 = 3, \text{and } M = 2^3 = 8$$

أي إن كل طور يحمل ضمنياً ثلاث خانات

حل المسألة ٥- ٦ :

دائرة المستقبل كما في الشكل (3-21)



١) عدد مستويات التكمية:

$$M - 2^N = 2^6 = 64$$

٢)الطاقة لكل خانة:

$$E_b = P_c T_b = C.T_b = \frac{C}{R_b} = \frac{200x10^{-15}\,W}{2x10^6\,bit/s}$$

$$= 100x10^{-21}\,J$$

٣)الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء على مدخل المستقبل:

$$No \quad = K\ Ts = K(Ta + Treceiver)$$

$$= (1.38x10^{-23})\ (300 + 425) = 1x10^{-20}\ w/Hz.$$

٤)العلاقة التي تحدد النسبة:

$$P = \frac{E_b}{No} = \frac{100x10^{-21}}{1x10^{-20}} = 10$$

أ) في حالة (BPSK) كشف ترابطي:

١)

$$P_B = \frac{1}{2}\,erfc\sqrt{\frac{E_b}{No}} = \frac{1}{2}\,erfc\sqrt{10} = \frac{1}{2}\,x6x10^{-6}$$

$= 3x10^{-6}$ (using the table of erfc).

باستخدام جدول (erfc)

٢)

$$\left(S/N\right) = \frac{2^{2N}}{1+4 2^{2N} P_B} = \frac{2^{12}}{1+4\ 2^{12}(3x10^{-6})}$$
$$= ....\ ....\qquad = ...\ ....\ ....dB$$

ب) في حالة (ASK) كشف ترابطي:

١)

$$P_B = \frac{1}{2}\text{erfc}\left(\sqrt{\frac{Eb}{2No}}\right)$$
$$= \frac{1}{2}\text{erfc}(\sqrt{5}) = \frac{1}{2}\text{erfc}2.25$$
$$= \frac{1}{2}x1.44x10^{-3} = 0.72x10^{-3} = 7.2x10^{-4}$$

٢)

$$\left(S/N\right) = \frac{2^{12}}{1 + 4x2^{12}} = ...\ \ ...$$
$$= ....\ \ ....\ \ dB\ =$$

ج) في حالة كشف الغلاف اللاترابطي:

١)

$$P_B = \frac{1}{2}\exp\left(-\frac{E_b}{2No}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\exp(-5) = \frac{1}{2}x......$$

٢)

$$\left(S/N\right) = \frac{2^{12}}{1 + 4x2^{12}}$$

د) في حالة كشف ترابطي (QPSK)

١)

$$P_B = \frac{1}{2}\text{erfc}\sqrt{\frac{E_b}{No}} = \frac{1}{2}\text{erfc}(\sqrt{10}) = \frac{1}{2}\text{erfc}(3.25) =$$

$$= \frac{1}{2}x6x10^{-6} = 3x10^{-6} =$$

٢)

$$\left(S/N\right) = \frac{2^{12}}{1 + 4x2^{12}(3x10^{-6})}$$

$$= .... \quad ....dB$$

أساسيات الاتصالات الرقمية

أسئلة عامة مع لحلولها

أسئلة عامة مع لحلولها

السؤال ١ :

حدد نسبة الانحراف (D) وعرض النطاق (BT) الضروري لإرسال (1200 bit/sec) باستخدام (FSK)

علماً بأن : Fs = 1300HZ ,Fm = 1200HZ

الحل :

$$D = \frac{\text{tone seperation}}{\text{bit rate}} = \frac{2100 - 1300}{800} = -0.67$$

B_T = tone separation + bit rate

= 800Hx + 1200Hz = 2KHz

حيث إن : (tone separation) هو فرق النغمات

(bit rate) هو معدل الخانات

السؤال ٢ :

مضمن يعمل في نطاق الإشارات الصوتية (النطاق الترددي الأساسي للإشارة الصوتية يمتد ما بين (300HZ-3400HZ) بمعدل خانات على مدخله (Rb = 2400 bit/sec) لكلا الحالتين عندما يكون المضمن :

أ) BPSK ب) QPSK

حدد :

١) عدد الرموز الممكنة على المخرج (M)

٢) الفرق الطوري بين الرموز (P)

٣)معدل الرموز (Rs)

٤) معدل الخانات الأقصى على المدخل(C)

الحل :

(a) BPSK modulator

1- $M = 2^N = 2^1 = 2$

2- $Rs = \frac{R_b}{1} = \frac{2400}{1} = 2400 \text{symbol /s}$

3- $P = \frac{360^o}{M} = \frac{360}{a} = 180^o$

4- $C = B\log_2 M = 3100 \log_2$

(b) QPSK modulator

$M = 2^N = 2^2 = 4$

$Rs = \frac{R_b}{N} = \frac{2400}{21} = 1200 \text{b/s}$

$P = \frac{360^o}{M} = \frac{360}{N} = 90^o$

$C = 3100 \log_2 M$

where B = (3400 – 300) = 3100Hx $\quad = 1300 \frac{\log 10M}{\log_{10} 2} = 6200 \text{b/s}$

السؤال ٣:

المعاملات التالية تخص نظام (QPSK) قدرة الحامل له ($C = 10^{-12}W$) وقدرة الضوضاء ($N = 1.2x10^{-14}$) ومعدل الخانات (Rb = 10k bit/sec) وعرض النطاق الترددي للإرسال (BT = 1200 KHZ) .

حدد ما يلي :

أ) قدرة الحامل بوحدات (dBm)

ب) قدرة الضوضاء بوحدات (dBm)

ج) الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء (dBm/HZ)

د) الطاقة لكل خانة (Dbj)

هـ) نسبة إشارة الحامل إلى الضوضاء على المدخل (dB)

و) (Eb/No) كنسبه وبوحدات (dB)

ز) (BER) إذا كان (BT = Rs = Rb/2)

الحل :

(أ) $C = 10 \log \frac{10^{-12}}{0,001} =$

$= -90 \ dBm$

(ب) $N = 10 \log \frac{1.2 x10^{-14}}{0,001} = -109 .2 \ dBm$

(ج) $No = \frac{N}{B} = \frac{1.2 x10^{-14}}{120 \ x10^{3}} = 1 x10^{-19} \ \omega /Hz = 1x10^{-16} \frac{mw}{Hz}$

$\therefore$ No = 10 log 10^{-16} = -160dBm

(د) $E_b = C_0 \ T_b = \frac{C}{R_b} = \frac{10^{-12}}{60 \ x10^{3}} = 1.66 \ x10^{-17}$

(هـ) $\left(C/N\right) = 10 \ \log \frac{1 x10^{-12}}{1.2 x10^{-14}} = 19.2 \, dB$ or 84 (as aratis)

(و) $\frac{E_b}{No} = \frac{1.66 \ x10^{-17}}{1 x16^{-19}} = 1.66 \ x10^{2} = 0.166$

or $\frac{E_b}{No} = \frac{Pc \ \ Tb \ \ B}{N} = \frac{Pc}{P_N} = \frac{B}{R_B}$

$$\therefore \quad \frac{E_b}{No} = \frac{C}{N} + 10 \log \frac{120khz}{60kb/s} =$$

$$= 19.2 + 3 = 22.2dB$$

(ز) $$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}}$$

(ح)

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Es}{2No}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{2E_B}{2No}}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Pc \quad Tb \quad B}{N}}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{C/N \ \frac{B}{R_B}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{C}{2\ N}}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{84}{2}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{42} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} 6.3$$

$$= < 10^{-12}$$

السؤال ٤):

أعد حل المسألة (٥- ٣) لنظام (QPSK) بنفس الأسلوب للمعاملات المعطاة هنا :

$C = 10^{-13}\omega$ $\qquad$ $Rb = 30kbit/s$

$N = 0.06 \times 10^{-15}\omega$ $\qquad$ $BT = 60KHz$

الحل :

تحل هذه المسألة بنفس طريقة المسألة السابقة.

السؤال ٥ :

حدد عرض النطاق(Bandwidth) ومعدل البود(Baud rate) لإشارة (FSK) بترددعلامة مقداره (32 KHZ) وترددفراغ مقداره (4 KHZ) ومعدل خانات مقداره (24 KHZ)

ثم أوجد معدل الخانات الأقصى عندماتكون :

BT =10KHZ, Fm = 52 KHZ, Fs = 48KHZ

الحل :

Baud rate = 4000 baud

Bandwidth $= 2\,\Delta f + R_B = 32 - 24 + 4 = 12$ KHz

$BW = B_T = f_M - Fs + R_B$

$10 = 52 - 48 + R_B = 4 + R_B$

$\therefore\ R_B = 10 - 4 = 6$ k bit/s

السؤال ٦:

حدد عرض النطاق الأدنى ومعدل الخانات لمضمن (BPSK) عندما يكون مقدار ترددالحامل (40MHZ)ومقدار معدل الخانات (500 Kbps)

الحل:

Baud rate = min BW = bit rate

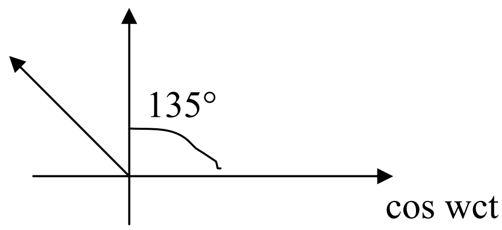
$B_T = 5$ MHz

5 m baud

السؤال ٧ :

حدد الخانات (UI,UQ) لمضمن (QPSK) عندما تكون إشارة المدخل حسب المعادلة التالية :
(Vsin wct – V cos wct)

الحل :



UI = -1 (logic 0)

UQ = +1 (logic 1)

المحتويات